Les mesures. Problèmes généraux *Measurements. General problems*

Guy Bédriot	Agence financière de bassin Seine Normandie, Nanterre
Pierre Chaperon	Direction de la prévention des pollutions du Ministère de l'Environnement, Neuilly sur Seine
Claire Cogez	Service d'assainissement de la Seine Saint-Denis, Rosny-sous-Bois.
Daniel Renard	Division de l'eau et des réseaux urbains de la Direction régionale de l'équipement de l'Ile-de-France, Paris 15 ^e .

Un panorama des objectifs et de quelques utilisations des mesures montre leur importance dans les métiers de l'eau. L'organisation de la production des données évolue avec la prise en charge progressive de nouvelles grandeurs et avec la collecte automatique des données.

La mise en commun des demandes et des besoins potentiels d'organismes de tailles très divers pourrait conduire, par dispositifs contractuels négociés, à une rationalisation dont la finalité serait de mieux assurer la représentativité des phénomènes mesurés. Ces contrats garantiraient la pérennité des réseaux hydro-métriques — latu senso -, souhaitée par tous.

A review of objectives and some measurement uses shows their importance in many water trades. The data production organization evolves with the progressive account of new parameters and with automatic data collection.

Requests and potential needs of very different sized organisms could manage in common, by negotiated agreements, a rationalization so as to ensure better measured phenomena representativity. That would warrant the desired continuity of hydrological networks.

---

1. Les objectifs des mesures

En France, chaque année, les services spécialisés effectuent sur les cours d'eau et sur les réseaux d'assainissement des milliers d'observations et de mesures qui mobilisent d'importants moyens financiers et humains. Une explication et une justification de ces actions s'imposent donc :

— d'une part, vis-à-vis des décideurs de ces moyens qui posent les questions suivantes : pourquoi ? combien ? jusqu'à quand ?

— d'autre part, vis-à-vis des praticiens de l'Hydrologie qui se demandent, le développement du calcul automatique aidant, si l'élaboration de modèles mathématiques de plus en plus performants ne permettra pas de réduire l'effort contraignant d'acquisition des données à leur strict minimum alimentaire.

Tableau 1

Objectifs	Organisation
comment mesurer pour répondre aux objectifs cités ci-après ?	métrologie, techniques de validation, de stockage et de transmission de l'information (tous types de mesures et réseaux confondus)
A — Etudes et recherches - analyse de phénomènes et de leur processus - études d'impact (drainage agricole, modifications culturales,..., urbanisation... gestion des barrages...)	Réseaux expérimentaux bassins représentatifs et/ou expérimentaux bassins représentatifs et/ou expérimentaux réseaux de connaissance générale + réseaux d'usage
B — Etude de projet (étude préliminaire, conception et dimensionnement des ouvrages)	Réseaux de connaissance générale + réseau d'usage + campagnes de mesures
C — Programmation des ouvrages (simulation des phénomènes, évaluation des coûts d'investissements et de gestion, confrontation avec les besoins et avec les possibilités financières)	Réseaux de connaissance générale + réseau d'usage
D — Suivi pour estimer l'impact de la politique de l'eau (ex. qualité des eaux superficielles)	Réseaux de connaissance générale + réseau d'usage
E — Alerte : - Prévision de crue, d'étiage + annonce... - Détection de pollutions accidentelles...	Réseaux d'usage en temps réel
F — Gestion d'ouvrage (réservoir, réseau d'assainissement, station de traitement des eaux...)	Réseaux d'usage en temps réel
G — Etablissement de la redevance (prélèvement, rejet)	Réseaux d'usage (temps réel ?)
H — Diagnostic d'ouvrage (attribution de prime, réception d'ouvrage, évaluation des travaux à entreprendre...)	Réseaux d'usage (temps réel ?) Campagne de mesures
I — Surveillance d'un phénomène particulier (jaugeages d'étiage... taux de nitrates... évolution des surfaces irriguées...)	Campagne de mesures
J — Contrôle et police des eaux	Campagne de mesures
K — Information générale du maître d'ouvrage et instruction de dossiers divers notamment de contentieux.	Tout ce qui précède
L — Réalisation des objectifs initialement prévus. Satisfaction d'objectifs non prévus initialement. Satisfaction des demandes d'autres utilisateurs.	Banque de données sur l'eau (archivage, mise à disposition et échange des données)

Tableau 2

Type d'organisation	Exemples d'objectifs recherchés
Réseaux expérimentaux (bassins représentatifs et/ou expérimentaux)	Expérimenter le matériel, les méthodes, comprendre les processus
Réseaux de connaissance générale ou réseaux patrimoniaux	Représenter les phénomènes dans le temps et dans l'espace géographique Disposer de points de référence pour toute étude de projet.
Réseaux d'usage avec transmission de l'information en temps réel au sens hydrologique.	Gérer les ouvrages hydrauliques. Donner l'alerte en cas de risque majeur.
Réseaux d'usage en temps différé au sens hydrologique.	Préparer les études de sites et les études d'impacts.
Campagnes de mesures avec plan d'expérience.	Diagnostiquer le fonctionnement d'ouvrage. Suivre l'évolution historique de certains phénomènes. Mieux représenter un phénomène rare.

Dans les sciences d'observation, toute mesure est entachée d'incertitudes et la valeur vraie d'une grandeur est inaccessible à l'expérience [1]. On imagine aisément la difficulté de quantification précise d'un phénomène hydrologique. La complexité et la diversité des facteurs régissant les processus de transferts aux interfaces air/sol/sous-sol rendent absolument nécessaire la réalisation de mesures répétées des grandeurs caractérisant les phénomènes identifiés.

Le but recherché est double :

- constituer des collections de données d'observations assez consistantes pour permettre l'analyse des phénomènes et des processus. Sans ces données, il n'y a pas de connaissance et de recherche possibles;
- vérifier ensuite la validité, l'adéquation et la fiabilité des modèles élaborés pour représenter — et non pour expliquer — les différents processus de transferts;

Un modèle, si perfectionné soit-il, n'est qu'une représentation simplifiée de processus infiniment plus complexes. Seule la comparaison des données observées aux résultats calculés permet d'apprécier la valeur du modèle sur la base des écarts constatés.

« Une mesure médiocre vaut mieux qu'un bon calcul » Marcel Roche dans son « Hydrologie de surface » souhaite que cette maxime soit gravée en lettres d'or sur la cheminée de tout hydrologue [2].

L'organisation des mesures hydrométriques découle de la nature des phénomènes observés, caractérisés par une double variabilité :

- dans l'espace géographique : climats, physiographie des bassins;
- dans le temps : fluctuations climatiques diverses (diurnes, saisonnières, tendancielle...), évolution de l'occupation des sols, d'où la constitution de chroniques d'observations de durée illimitée.

Cette double variabilité des phénomènes conduit à l'organisation en réseaux de mesures pérennes, à l'exception de campagnes temporaires finalisées, destinées ou non à compléter les informations recueillies par les réseaux.

Dans la réalité, la définition de l'objectif commande le type d'organisation, lequel limite quelquefois la mesure d'un phénomène à un seul de ses aspects : par exemple le niveau d'un cours d'eau pour l'annonce des crues.

Le *tableau n° 1* dresse une liste d'objectifs et des organisations correspondantes.

2. L'organisation des mesures

Le *tableau n° 2* récapitule les principaux types d'organisation de mesures avec des exemples d'objectifs recherchés. Ce tableau vaut aussi bien pour les quantités d'eau que pour leur qualité, quel que soit le milieu étudié : cours d'eau ou réseau d'assainissement.

2.1. L'organisation en réseau

L'installation d'un réseau implique le respect d'un certain

nombre de contraintes rappelées ci-après [3] :

- la définition d'un maillage ou de la densité des points qui traduit un des éléments de la représentativité : l'aspect spatial géographique;
- la fréquence des mesures : au moins une fois l'an pour des diagnostics, jusqu'à l'enregistrement en continu avec un pouvoir de résolution inférieur à la seconde (vitesse aux ultra-sons); c'est l'élément temporel de la représentativité;
- la normalisation des procédures d'observation pour les rendre comparables entre elles, pouvant aller jusqu'à celle des appareillages, de leur implantation et des méthodes d'analyses ou de dépouillement : c'est l'aspect précision instrumentale et environnementale de la mesure;
- les procédures de collecte, de critique et de validation des données avant archivage : cela définit la qualité des archives, qu'elles soient informatisées ou non;
- la responsabilité du gestionnaire de réseau engagée dans l'édition des recueils d'observations (annuaire) ou dans la mise à disposition des utilisateurs par le truchement de la banque de données;
- les rôles primordiaux de l'observateur et du technicien chargé des visites périodiques d'entretien : leurs remarques et leurs commentaires éclairent le gestionnaire et l'utilisateur sur certains incidents et sont indispensables à la qualification des grandeurs mesurées.

On comprend à l'énoncé des contraintes précédentes que la qualité première d'un réseau d'observation réside dans la pérennité des actions, principalement celle des moyens financiers et humains.

a) Pérennité des moyens financiers :

Il est nécessaire de penser à long terme et de considérer investissements et budgets de fonctionnement comme un capital valorisé tôt ou tard. A priori, il est difficile d'expliquer au maître d'ouvrage, en termes financiers, les gains espérés de séries de données accumulées. C'est souvent au dernier moment, en phase de conception d'un aménagement, voire même de sa gestion, que l'on apprécie sur un cas particulier les économies qui auraient pu être faites.

La politique des « à-coups » due à un intérêt momentané pour des problèmes ayant défrayé l'actualité (inondations, sécheresse, pollutions accidentelles...), suivie du relâchement de l'attention est très néfaste à une activité impliquant la permanence des efforts et la durée. Certains à-coups ne sont pas d'origine climatique ou accidentelle : ainsi les campagnes quinquennales d'inventaire de la pollution (1971, 1976, 1981) ont dû être abandonnées à cause d'un effort financier mal réparti dans le temps.

b) Pérennité des moyens humains :

L'hydrométrie, au sens large, est une affaire de spécialistes expérimentés. Il faut une pratique prolongée sur le terrain pour comprendre les techniques et les difficultés des mesures hydrologiques, le tout associé à une longue expérience en analyse des données. Une formation continue appropriée (stages, colloques, publications spécialisées) y contribue par un recyclage permanent à condition que s'établissent les dialogues indispensables entre les différents techniciens de l'hydrologie : équipes de terrain,

Tableau 3. — Rationalisation du réseau de mesure. Les familles de méthodes.

CAS	la rationalisation de type <u>a priori</u>					
	CONCERNANT	PORTE SUR	SUPPOSE		IGNORE délibérément	et PROPOSE
			MAL CONNU	BIEN CONNU		
a	les bassins expérimentaux et réseaux mixtes	les facteurs explicatifs et les conséquences	le phénomène	les causes et les conséquences	--	la création du réseau
b	les réseaux de connaissance générale	la cartographie des facteurs explicatifs	le phénomène	les causes	les conséquences	OU la modification du réseau si la méthode a priori est appliquée
c	les réseaux d'usage	l'examen des zones sensibles ou à risque.	le phénomène	les conséquences	les causes	sur le réseau existant.
d	les réseaux de connaissance générale	les mesures du phénomène par le réseau seul	---	le phénomène	les causes et conséquences + les manifestations du phénomène dans les mailles du réseau	la réduction du réseau
e	- id -	les mesures du phénomène par le réseau et par d'autres moyens.	les manifestations du phénomène dans les mailles du réseau	---	les causes et les conséquences	le redéploiement du réseau
f	- id -	les mesures du phénomène et celles des causes		les causes	les conséquences	(création et suppression de
g	les réseaux d'usage	les mesures du phénomène et celles des conséquences		les conséquences	les causes	stations) et éventuellement
h	les réseaux mixtes et bassins expérimentaux	les mesures des causes, du phénomène et des conséquences.		les causes et les conséquences	---	son remplacement global***

*** causes et conséquences sont indiquées au sens de processus identifiés par des grandeurs mesurables. cette rationalisation peut être affectée d'une contrainte sur le niveau de précision attendu.

laboratoires, gestionnaires de banque de données, utilisateurs, concepteurs et fabricants d'appareillage...

c) Rationalisation des réseaux :

Parmi les contraintes techniques relatives à l'installation d'un réseau, la plus difficile à analyser et à résoudre concerne le maillage ou la densité des points de mesures. C'est le problème de la représentativité des mesures vis à vis de la variabilité spatiale du phénomène, plus connu sous le vocable lapidaire et ambigu de rationalisation des

réseaux de mesures. Cette ambiguïté n'est levée que par l'analyse rigoureuse des méthodes employées.

Considérons le schéma suivant :

Causes → phénomène → conséquences

où causes, phénomène et conséquences sont des réalités mesurables. Le problème posé est de créer le réseau de mesures du phénomène, ou de l'adapter.

Le tableau n° 3 classifie huit familles possibles de méthodes.

La rationalisation « *a priori* » part d'une situation vierge même s'il existe un réseau. Celle « *a posteriori* » repose sur les données du réseau existant.

Pour la lecture du tableau n° 3, prenons l'exemple du cas g : la rationalisation de type « *a posteriori* » concernant les réseaux d'usage porte sur les mesures du phénomène et sur celles des conséquences, suppose mal connues les manifestations du phénomène dans les mailles du réseau, suppose bien connues les conséquences, ignore les causes et propose le redéploiement du réseau.

Le cas b de la rationalisation de type « *a priori* », concernant les réseaux de connaissance générale, porte sur la cartographie des facteurs explicatifs, suppose mal connu le phénomène, suppose bien connues les causes, ignore délibérément les conséquences et propose la création du réseau [4] ou la modification du réseau existant [5].

L'exemple fourni par le SRAE Centre [5] consiste à déterminer une distribution théorique planifiée des stations de jaugeage, tenant compte de la pluviométrie annuelle, du relief et de la surface, à la comparer à la situation actuelle et à faire des propositions de rationalisation.

Les réflexions en cours sur la rationalisation du réseau d'observation de la qualité des eaux appartiennent à la famille f, l'effectif des points de mesures dépend d'un critère « naturel » proportionnel à la superficie du bassin et au linéaire des cours d'eau, et d'un critère « pollution », proportionnel à la quantité totale de pollution brute émise. Si les réflexions s'orientent vers la prise en compte des usages de l'eau (baignade, alimentation en eau potable...), il faudra recourir à une méthode de la famille h.

Les méthodes de la famille d, utilisées dans de nombreux articles publiés depuis 20 ans sur cette question, sont à rejeter catégoriquement. En effet, la plupart du temps, leurs auteurs mettent en évidence des similitudes entre stations de mesures ce qui leur permet de réduire le volume d'information à traiter pour un sujet généralement limité : jusque là tout est normal. Mais ils proposent ensuite une « optimisation du réseau » par suppression de stations, sans s'interroger ni sur ce qui se passe réellement dans les mailles du réseau, ni sur le caractère particulier de leur étude et sans tenir compte ni des causes, ni des conséquences.

Une rationalisation exemplaire devrait comporter au départ l'expression d'un objectif de précision désiré sur la représentativité spatiale d'un phénomène. Or, on ne sait encore ni exprimer, ni calculer les incertitudes relatives à ce domaine. En définitive, le technicien ne se trouve-t-il pas soulagé d'avoir à respecter une contrainte financière tant que cette dernière ne conduit pas à des réductions déchirantes ?

2.2. Le plan d'expérience

De nombreux exemples de campagnes de mesures insuffisamment préparées démontrent après coup la nécessité d'un plan d'expérience préalable à l'engagement sur le terrain de moyens financiers, techniques et humains souvent importants.

Nota : Un exemple de campagne insuffisamment préparée, parmi d'autres : un bassin versant important, avec des

secteurs en cours d'urbanisation est, de plus en plus fréquemment, le siège de désordres hydrauliques engendrant des dommages. Une campagne de mesure est décidée. A l'examen des premiers dépouillements, il s'avère que le limnigraphe ne permet pas d'enregistrer correctement les crues éclaircies. Par ailleurs, l'étalonnage des sections ne peut être réalisé à cause du caractère éphémère des crues... etc. Autant de données de base du problème qui auraient dû conduire au choix d'autres moyens et d'autres sites de mesures. Deux à trois ans de suivi de ce dispositif ont été nécessaires pour reconnaître l'inadéquation des mesures à la satisfaction des objectifs. L'insuffisance d'analyse de ces derniers explique pour partie les raisons de cet échec.

Ainsi l'établissement d'un plan d'expérience cadrant au mieux avec les objectifs assignés est source d'économies ou du moins offre un meilleur rapport « qualité-prix » ; la qualité traduit le degré de satisfaction des objectifs ; les prix totalisent les coûts directs de la campagne de mesures (investissement en matériel, génie civil et infrastructures, frais de maintenance et de fonctionnement), les coûts de dépouillement et d'exploitation, les frais de recherche, d'expérimentation et de formation des personnels.

Un plan d'expérience résulte de l'enchaînement des questions suivantes : pour un objectif donné, que mesurer ? où ? quand ? comment ? son établissement nécessite une analyse spécifique : l'ambition de l'approche méthodologique esquissée ci-après est de guider la construction rationnelle d'un tel plan. Seules les trois premières étapes sont décrites, sachant que les deux premières : définition des objectifs et examen du champ d'expérience peuvent présenter une certaine imbrication.

• Etape 1 : définition des objectifs : étude d'opportunité.

- analyse de la situation au niveau de l'émergence des problèmes,
- analyse de l'historique de la situation et de son évolution prévisible,
- résultats escomptés, approche technique et économique sur le service à l'utilisateur, sur le milieu naturel... etc.
- synthèse des objectifs initialement définis et lancement de l'opération.

• Etape 2 : examen du champ d'expérience : inventaire de l'existant.

- connaissance globale de l'état et du fonctionnement du système (typologie des bassins versants, des réseaux hydrographiques ou d'assainissement, description des ouvrages particuliers : bassins de retenue, dérivation... etc),
- connaissance détaillée des secteurs sièges d'éventuelles mesures afin de juger de leur faisabilité (cf. étape 3).

• Etape 3 : établissement du programme de mesure : phase de conception.

- Que mesurer ? Choix des paramètres
- Où mesurer ? Choix des sections critiques ou des emplacements représentatifs.
- Représentativité dans l'espace.
- Quand mesurer ? Choix de la période de mesure (date, durée) vis-à-vis des situations stables, évolutives, cycliques...
- Représentativité dans le temps.
- Comment mesurer ? Choix des méthodes, des techno-

logies, éventuellement des appareils, des types d'acquisition in-situ ou en laboratoire.

En temps réel ou en différé.

— Comment exploiter ? Choix des traitements statistiques pour les études ou les consignes d'exploitation.

— Pour quel coût ? Investissement, entretien et maintenance, exploitation...

Les réponses à ces six questions fondamentales ne sont pas toutes indépendantes. Des interactions existent entre les critères de choix :

— le coût est directement tributaire du nombre de mesures et des techniques employées;

— le choix des techniques peut être fonction des sections de mesure et vice-versa;

— etc.

Des itérations sont parfois nécessaires pour tendre vers la définition d'un plan d'expérience optimal. Les étapes suivantes sont dans l'ordre : la mise en œuvre du projet, la réalisation du système de mesures, son exploitation sur une durée limitée, le traitement des données et les conclusions. Il est très important de fixer au départ, la durée de vie du plan d'expérience qui peut se traduire par une organisation en réseau temporaire ou en campagnes de mesures.

3. Précision et incertitudes

La métrologie générale couvre un domaine beaucoup plus vaste et plus complexe que ne le suggère le bref aperçu qui suit. Il est recommandé au lecteur de se reporter à un ouvrage de métrologie générale pour acquérir une sorte de réflexe métrologique qui lui rende évidentes les sources d'erreur des processus de mesure et presque intuitifs les remèdes à apporter : et, ..., pour qu'« il se sente capable... d'estimer par un chiffre le degré de confiance qu'on peut accorder aux mesures effectuées ». Ce propos est tiré du livre de Baissière et Gaignebet [1] ainsi qu'une partie de ce qui suit.

Mesurer une grandeur, c'est en chercher la valeur, l'intensité. La grandeur à mesurer s'appelle : le mesurande, l'action de mesurer : le mesurage et le résultat : la mesure.

Il est rare que le mesurande se prête directement à la mesure. Il faut alors obtenir un signal, par exemple grâce à une alimentation en énergie, l'amplifier, le coder, pour arriver à une mesure compréhensible. Les éléments qui effectuent ces opérations s'appellent des transducteurs. Dans cette chaîne de mesure, le premier des transducteurs est le capteur qui, directement en contact avec le phénomène, a pour fonction de saisir le mesurande. Le dernier transducteur de la chaîne est l'enregistreur ou la mémoire qui garde la trace de la mesure entre l'instant où elle est réalisée et celui où elle pourra être validée, exploitée et archivée.

Le capteur — on dit aussi sonde ou détecteur — a une position très particulière dans la chaîne de mesure parce qu'il doit obligatoirement être sensible à la grandeur à mesurer. Cela commande à la fois sa nature et sa structure et limite le choix qui porte d'abord sur deux caractéristi-

ques : l'étendue de la mesure et la sensibilité. Ensuite on qualifie le capteur sur ses réponses statiques (finesse, stabilité, dérive, bruit de fond...) ou dynamiques (hystérésis, linéarité...). Le capteur délivre une réponse (ou signal de sortie) continue ou discrète. L'intervalle de temps entre deux réponses discrètes dépend soit de l'intensité du phénomène (la pluie pour l'intervalle de temps entre deux basculements d'augets), soit de l'appareillage qui interroge ou excite périodiquement le capteur (par exemple : sonde à ultrasons).

Un (ou un ensemble de) transducteur(s) cumule(nt) ou calcule(nt) la moyenne des réponses sur un pas de temps de scrutation : on obtient par exemple le nombre de basculements d'auget en une minute ou la vitesse moyenne aux ultrasons en 5 minutes. On rejoint ici les problèmes d'échantillonnage.

L'enregistreur — ou la mémoire — a aussi un rôle très important. Par exemple Guiscafré [6] a élaboré des classes de précision pour qualifier les enregistreurs des pluviographes.

La fiabilité d'une chaîne de mesures est aussi un point important du choix : il importe de déceler les maillons les plus fragiles et d'en apprécier les risques de panne.

Par ailleurs, il est souhaitable d'évaluer l'influence des paramètres climatiques (pression atmosphérique, température de l'air...) qui agissent sur l'un ou l'autre des éléments de l'appareil de mesure et qui engendrent des indications erronées. Il est souvent possible d'en corriger les effets par un calcul simple ou par un étalonnage particulier.

En définitive la précision est la qualité qui caractérise l'aptitude d'un instrument de mesurage à donner des indications proches de la valeur vraie de la grandeur mesurée.

Toute chaîne de mesure fait l'objet de visites d'entretien et de maintenance, au cours desquelles des observations complémentaires peuvent être effectuées. L'ensemble de ces commentaires ainsi que le rapport d'installation du point de mesures, constituent le dossier de vie de la station. Ce dossier est régulièrement mis à jour et contribue à affecter des indices qualitatifs complétant les calculs d'erreurs et l'évaluation de la précision.

Dans la pratique il faut composer avec les difficultés : en effet il est rare de pouvoir installer une excellente station à l'endroit précis voulu par l'utilisateur. A ce moment-là l'homme de l'art doit décider si l'endroit choisi convient à la mesure dans la limite de précision souhaitée par l'utilisateur et, si oui, quel est le coût (ou le surcoût) prévisible.

Par ailleurs, en réseau d'usage notamment, le degré de précision souhaité peut varier avec l'intensité du phénomène : par exemple on accorde davantage d'intérêt aux crues qu'aux étiages, ou à une station plutôt qu'à l'autre.

Dans ces conditions le gestionnaire ne doit pas avoir honte d'afficher qu'à l'étiage sa station est précise à 100 % près : l'important est que tout utilisateur potentiel le sache. Si l'un d'eux veut absolument des données plus précises celui-là financera une installation beaucoup plus coûteuse, si elle est techniquement possible.

Tout gestionnaire sérieux recueille régulièrement les mesures et les valide au moyen de tests de contrôle et de vérification soigneusement mis au point. A partir de ce moment la mesure devient donnée élémentaire prête à être archivée, sur papier, sur fichier informatisé ou en banque

Tableau 4. — Mesures hydrauliques.

GRANDEURS HYDRAULIQUES	ACQUISITION DES MESURES				Coût d'investis- sissement F TTC 86	Domaine utili- sation. Observations
	. Capteur . Analyse . Méthode	In-situ Labo.	Temps réel Différé	Discret continu		
Hauteur d'eau	Limnigraphe (flot- teur, ultra-son, capteur de pres- sion, palpeur...)	in-situ	Temps réel ou différé	continu	10.000 à 50.000 F	Objectifs variés, tous domaines.
Vitesse d'écou- lement	Moulinet	in-situ	Différé	discret		Annonce des crues
	Sondes	)	) Temps	discret		) Jaugeage
	ultra-son	) in-situ	) réel ou	)	20.000 F	) Etudes hydrau-
	Sondes électro- magnétiques	)	) différé	) continu	10.000 F	) liques. Gestion
	Méthode par traceur	in-situ + labo	différé (galt)	discret	variable f(Q,T...)	) d'ouvrages.
Pertes de charges	Limnigraphes capteur de pres- sion différentielle	in-situ	différé ou temps réel	continu	10.000 F à 20.000 F	Gestion d'ouvra- ges
Pression	Capteur de pres- sion relatif/pres- atmosphérique	in-situ	différé ou temps réel	continu	10.000 F	Gestion d'ou- vrages
Débit	) courbe d'étalon-) nage. Jaugeur	) in-situ	temps réel	continu	variable	Etudes hydrologi-
		)	ou		variable	giques et hydrau-
	Vitesse moy.section + Limnigraphe	)	différé		40.000 F	Etudes de projets
	Méthode par traceur	in-situ + labo.	différé (galt)	discret	variable	Usages réglemen- taires juridiques de redevance...

de données. En toute logique chaque donnée, élémentaire ou élaborée, devrait être accompagnée d'une indication sur sa précision.

De fait la donnée est entachée d'incertitudes qui englobent à la fois :

- les erreurs de mesures proprement dite (données élémentaires) concernant la chaîne de mesures et l'influence des paramètres climatiques;
- les modifications de l'environnement de la station qui influent sur les données élémentaires;
- les erreurs d'échantillonnage ou de scrutation : souvent on pêche par excès de confiance en croyant connaître le phénomène étudié.
- les erreurs liées aux méthodes d'estimation des données élaborées à partir des données élémentaires. Par exemple : calcul du débit jaugé, établissement de la courbe d'étalonnage..

L'utilisation de la donnée ajoute un supplément d'incertitude lorsqu'on veut lui faire jouer un rôle en matière de représentativité géographique évoquée précédemment.

4. Grandeurs mesurées et technologies de mesures

Les tableaux suivants n° 4 et n° 5 décrivent les caractéristiques techniques des modes d'acquisition des mesures, leurs coûts et leurs domaines d'utilisation pour deux catégories de grandeurs :

- les grandeurs hydrauliques; (tableau n° 4)
- les grandeurs de qualité des eaux. (tableau n° 5)

Tableau 5. — Mesures de la qualité des eaux.

GRANDEURS DE QUALITE	ACQUISITION DES MESURES				Coût d'investissement * F TTC 86	Domaine utilisation. Observations diverses
	. Capteur . Analyse . Méthode	In-situ Labo.	Temps réel Différé	Discret continu		
Grandeurs physiques						
températures	sondes spécifiques	in-situ	temps réel	discret	1000/3000	) Rejet industriel) Diagnostic réseaux EU) Milieu récepteur
PH	)		ou	ou	2000/5000	
Conductivité	)		différé	continu	1000/5000	
Appréciation de la pollution organique et solide						
O ₂ dissous	Sonde spécifique	in-situ	tps RouD	D ou C	400/7000	) Rejet industriel) Diagnost. rés.EU) Station d'épuration) Milieu récepteur) Dépollution EP
DBO ₅	) analyses	labo.	différé	discret	100 F	
DCO	) normalisées				100 F	
MES **	)				80 F	
MES % organique	)				80 F	
COT **	sonde spécifique	in-situ	tps RouD	continu		
Substances eutrophisantes						
NO ₂ , NO ₃	) Analyses normalisées	labo.	différé	discret	100/200	) Diagnost. rés.EU)) Station d'épuration) Milieu récepteur))
NH ₄	) sées éventuel.	in-situ	tps RouD	continu	3000/7000	
NTK	) sonde spécifique					
P total	)					
	)					
Métaux lourds toxiques						
Cu, Ni, Cr, Pb,	) Analyses normalisées	labo.	différé	discret	100/400	) Rejet industriel) SE, mil. récept.
Cd, Hg, Fe, Zn	) éventuellement	in-situ	tps RouD	continu	3000/7000	
Anions indésirables	sonde spécifique					Rejets industriels Milieu récepteur Dépollution des EP.
F ⁻ , CN ⁻	)					
Produits organiques indésirables						
.Hydrocarbures	)				300 F	) Rejet industriel) Dépollution) des E.P.) Station d'épuration) Milieu récepteur
.Hydrocarbures aromatiques cycliques	) Analyses normalisées	Labo.	Différé	Discret		
.Phénols	)				150/350	
.Substances extractibles au chloroforme	)				400 F	
	)					
Critères généraux d'appréciation de la contamination bactériologique						
.Coliformes totaux	) Analyses	Labo.	Différé	Discret		) Milieu récepteur
.Coliformes fécaux	) normalisées					
.Streptocoques fécaux	)					
...						

* Coût d'investissement pour les sondes spécifiques ou coût d'analyse

** D'autres approches de la mesure automatique et continue de la pollution organique ou minérale sont en cours de développement.

EU Eaux usées
EP Eaux pluviales
SE Station d'épuration.

Nota :

Sur les tableaux 4 et 5 le coût d'investissement :

- n'inclut pas les coûts d'installation, très variables d'un site à l'autre pour un même matériel;
- peut être très variable suivant l'équipement annexe du capteur (électronique de traitement du signal, enregistrement ou télétransmission...)

5. Situation actuelle

5.1. Les retards

Le retard en équipements est un leitmotiv des chercheurs et des techniciens gestionnaires, exprimé à l'occasion de colloques comme celui sur « Eau et Informatique », tenu à Paris en mai 1986. La lente évolution des capteurs contraste avec les progrès rapides de l'électronique et de l'informatique. Ceux-là apportent précision, fiabilité et facilités d'exploitation et relancent l'intérêt de mesures de haute qualité à la base de toute action de recherche ou de gestion, comme l'a rappelé F. Valiron en conclusion du colloque [8].

La densité du parc de mesure n'est pas en rapport avec les possibilités actuelles d'analyse des phénomènes : ni de leur modélisation. La tendance actuelle est plutôt à la suppression de stations de mesure, pour optimiser — sur des critères budgétaires — les réseaux, dont le maillage est déjà très lâche.

Le retard en technologie est flagrant, par exemple : les sondes limnimétriques piézo-résistives sont utilisées depuis de nombreuses années dans les industries alimentaires, pour des liquides très divers, mais n'ont pénétré le marché de l'assainissement que tout récemment. De même, les sondes à ultrasons, dont les techniques de mesure de distance ou de vitesse d'écoulement sont connues depuis des décennies, commencent à être utilisées au début des années 1980. Leur usage n'est pas encore parfaitement maîtrisé. De nombreuses tentatives d'adaptation de technologies nouvelles se déroulent parallèlement en laboratoire et sur le terrain; mais faute d'un maître d'ouvrage commun, leur caractère dispersé et isolé limite fortement leurs chances de réussite.

Cette dispersion est aggravée par l'absence de normes ou de recommandations dans de nombreux secteurs, notamment celui des ultra sons et celui des modes opératoires de prélèvement in situ en vue des mesures de qualité.

Par ailleurs, les méthodes de recette technique de capteurs ou d'étalonnage sur site, ne sont pas définies et réalisées avec autant de soins qu'il serait nécessaire, par manque de moyens. Il est facile de mettre en place une sonde, il est plus difficile d'assurer sur des années un contrôle précis de son fonctionnement, consommateur en temps de personnel, même si la maintenance bénéficie des progrès effectués sur l'alimentation en énergie et sur la qualité de l'enregistrement et de sa transmission.

La sous-utilisation des données existantes comporte plusieurs explications, la principale étant l'absence de mise à disposition de données critiquées facilement exploitables. A notre époque le fait d'avoir des données validées

ne suffit pas pour démarrer rapidement une étude dans de bonnes conditions. Le chargé d'étude qui se trouve en face d'une montagne de graphes, souvent correctement archivés et parfois critiqués, ne peut consacrer son budget à effectuer une saisie informatique par ailleurs longue et fastidieuse : il est amené à se fabriquer manuellement un échantillon très restreint d'une information abondante et très probablement non représentative.

5.2. Le développement des réseaux et des capteurs :

Des intervenants très divers cherchent à utiliser des capteurs de mesure pour une gestion efficace.

• les réseaux

On assiste à la mise en place de nouveaux réseaux d'usage liés à la gestion, après une période transitoire où les mesures sont utilisées à des fins d'analyse. Le cas de la petite couronne autour de Paris illustre cette évolution :

Services d'assainissement 92-93-94 (Départements et Communes)

	1975	1980	1985
Pluviographes	12	24	45
Limnigraphes	20	65	200

Les réseaux pluviographiques et limnimétriques s'y développent de manière différente. Le radar météorologique est un moyen de limiter la densité des pluviographes, tandis qu'en matière de mesure hydrologique, la densification des points de mesures conserve tout son intérêt.

• L'évolution des capteurs

La technique des capteurs se diversifie et offre une gamme adaptée à diverses classes d'application. Les matériels sont moins coûteux qu'auparavant, à précision comparable, et plus faciles à régler ou entretenir. Certains constructeurs proposent des capteurs formant bloc avec leur unité d'acquisition, de datation et de mémorisation, ce qui diminue les servitudes liées à l'assemblage d'une chaîne de mesure.

Pour les mesures de qualité, la tendance actuelle est au développement de capteurs en temps réel plus performants et réduisant les incertitudes liées aux manipulations — prélèvement, conservation, transport, analyses en laboratoire —. La fibre optique a fait son entrée dans les systèmes de mesures, et pourrait s'y déployer : on espère ainsi pouvoir apprécier la qualité de l'eau de manière directe, instantanée et permanente.

• La conséquence : une demande forte mais diffuse.

Aux yeux des utilisateurs, le marché des capteurs et de leur installation en réseaux existe bien; mais cette évidence n'atteint pas les industriels qui trouvent en général en face d'eux des services isolés et à moyen limités.

6. Les perspectives

En matière de mesures en rivière, la prise de conscience s'est opérée et le Ministère de l'environnement entend assumer sa responsabilité de coordination des actions : il y a volonté d'harmoniser les procédures et de créer des réseaux de mesures hydrométriques de quantité et de qualité des eaux cohérents sur le plan national. Cette volonté se trouve renforcée par les exigences de rigueur et de méthode nécessaires à la création des banques de données. Cependant cette prise de conscience arrive sur un fond de crise économique et de décentralisation qui se traduit par une participation financière de l'Etat en diminution et un relais difficile avec les autres partenaires financiers : établissements publics, collectivités locales, etc.

Pour les réseaux d'assainissement les problèmes se posent différemment. Les mesures permanentes sont apparues récemment; elles affectent des unités géographiques individualisées et localisées. Il n'y a pas d'organisme de tutelle. Cependant des actions d'envergure nationale sont engagées, comme en témoigne le récent appel d'offre de « métrologie » du plan urbain qui contribue au financement de recherches appliquées, sans doute encore modestes et qui seront évoquées dans les communications suivantes.

Le progrès en matière de mesures en rivière comme en réseaux d'assainissement appartient à la négociation et à

la concertation entre partenaires afin de créer une synergie — c'est-à-dire une efficacité meilleure et, pourquoi pas, une économie de moyens — dans l'harmonisation des procédures depuis le choix de l'emplacement des mesures jusqu'à leur validation et à leur archivage en banque de données. Pour cela, chaque maître d'ouvrage a intérêt à faire l'analyse de ses besoins, en différenciant les mesures qu'il lui faut absolument pour son fonctionnement minimal, celles qui lui permettraient de mieux fonctionner, et celles dont il peut se passer volontiers. Si tous les partenaires se livrent à ce type d'analyse, et sont décidés à négocier, la mise en place d'un dispositif contractuel devient possible. Ce dernier assurant la pérennité des actions et des moyens, favorisera la pérennité des observations qui est fondamentale pour la compréhension des phénomènes, notamment ceux d'origine naturelle.

La synergie apparaît plus difficile à obtenir en réseaux d'assainissement à cause de leur caractère individualisé. Elle paraît cependant possible au moins dans plusieurs domaines :

- la recherche et le développement des matériels adaptés, au moindre coût;
- la mise au point de normes et de recommandations communes;
- le regroupement des moyens de maintenance et d'assistance technique;
- la conception et l'exploitation d'une banque de données dotées d'un serveur et de logiciels de traitements statistiques.

Bibliographie

- [1] BAISSIERE M. et GAIGNEBET E., 1966. — *Métrologie générale. Théorie de la mesure, les instruments et leur emploi*. Dunod, 517 pages.
  - [2] ROCHE M., 1963. — *Hydrologie de surface*, Gauthier-Villars, ORSTOM, Paris, 430 pages.
  - [3] BÉDIOT G., 1981. — Rapport général concernant les mesures des eaux continentales, précipitations, eaux superficielles et souterraines. *Séminaire sur la stratégie de la mesure dans l'eau et dans l'air*, organisé par la Société hydrotechnique de France à l'INSA, Villeurbanne, Session A, Tome 2, pp. 213-223.
  - [4] ORSTOM, 1970. — *Planification du réseau hydrométrique minimal* : A région Lorraine; B bassin de la Marne. Paris.
  - [5] Ministère de l'Agriculture — SRAE Centre, 1983. — Note sommaire sur la planification du réseau hydrométrique de la région Centre Orléans. 17 pages + 2 cartes.
  - [6] GUISCAFRE J., 1980. — Réflexions sur la précision d'un pluviographe. Numéro spécial de *La Météorologie* n° 20-21, pp. 54-57, Paris.
  - [7] RENARD D., 1985. — Principaux paramètres à mesurer et à analyser. *Session de formation continue de l'ENPC* : « La mesure dans les systèmes d'assainissement », 27 pages.
  - [8] VALIRON F., 1986. — L'eau et l'informatique. Situation actuelle et perspectives. Conclusions du *Colloque Eau et Informatique*, organisé par l'ENPC à Paris, 4 pages.
-

Discussion

Président : M. Cl. GLEIZES

M. THIRRIOT. — L'exposé de M. BÉDIOT a été panoramique et très dense. Je relève deux problèmes :

- celui de la méconnaissance de ce qui se passe entre les mailles du réseau;
- celui de la redondance de l'information et de l'intérêt de cette redondance;
- et, éventuellement, celui de l'éclaircissement du nombre de stations des réseaux de mesure.

M. BÉDIOT. — De mon expérience pratique de la pluviométrie, j'ai appris qu'il fallait être très prudent lorsque l'on veut corriger les observations. Il faut éviter tout préjugé, toute systématisation de la correction. Il est préférable de ne pas trop toucher aux données brutes par exemple celles de l'observateur car on ignore ce qui se passe entre les points de mesure. L'apport récent de l'imagerie radar devrait remettre en question les pratiques anciennes de validation des mesures pluviométriques.

De même en limnimétrie et en mesure des débits, il faut toujours se préoccuper de ce qui se passe entre les points de mesure et du problème de la représentativité spatiale.

M. BANAL. — Je me demande si les réactions de l'auditoire n'auraient pas été plus rapides et la discussion plus riche si les communications n° 1 et n° 13 (banques de données) avaient pu être jointes. C'est l'ensemble de ces deux communications qui permet de mieux mettre en évidence les problèmes posés par les relations entre les organismes collecteurs de données hydrologiques et les utilisateurs.

M. BÉDIOT. — On est loin d'avoir résolu tous les problèmes. La communication sur les banques de données a pour but de montrer qu'un grave problème se pose : les mesures doivent être plus représentatives des phénomènes mais elles doivent aussi être utilisées par tous. Il ne faut jamais oublier le problème de l'utilisation des données.

Chaque organisme doit définir les mesures nécessaires à sa mission. A tous les niveaux — mesures, environnement, stockage des données et diffusion de l'information — un effort de normalisation reste à effectuer. Une coordination doit être réalisée tout en laissant à chaque organisme sa liberté d'action, sur la base de dispositifs contractuels.

M. BANAL. — Peut-on savoir s'il existe des expériences étrangères qui peuvent servir de modèle ?

M. ANDRÉ. — En Hongrie, existe un système de collecte des mesures qui a accumulé près de 90 ans de données. Ce système a perduré en dépit des vicissitudes diverses et a permis de résoudre de nombreux problèmes : assainissement, agriculture. Ceci a pu être fait car il n'existait rien de préexistant. En France, il existe une situation historique avec de nombreux réseaux. Il y a également des problèmes financiers.

Le Président. — Ce réseau concerne-t-il uniquement le domaine de l'hydrométrie ou bien également les eaux souterraines, la qualité des eaux... ?

M. ANDRÉ. — Je crois qu'il touche tous les domaines du cycle de l'eau : pluviométrie, qualité des eaux, transports solides...

M. THIRRIOT. — Vous avez dit qu'il vaut mieux une mesure médiocre qu'un bon calcul ; mais ne peut-on améliorer une mesure médiocre avec un bon calcul ? A-t-on utilisé l'analyse en composantes principales ou bien les méthodes géostatistiques pour les problèmes de redondance dans les réseaux et de connaissance entre les mailles ?

M. BÉDIOT. — Les méthodes de rationalisation sont appliquées à des réseaux existants avec certains critères qui, au départ, ne sont pas représentatifs de l'ensemble des mesures. Pour une étude particulière, l'ensemble des informations recueillies peut être redondant, et c'est très bien mais en conclure que puisqu'il y a redondance d'information il faut supprimer des stations, cela n'est pas une bonne solution. On ne se sera toujours pas posé la question de savoir ce qui se passe dans les mailles du réseau.

M. MARION. — Au sujet des rationalisations réseaux, il convient d'étudier ce problème globalement au niveau du cycle de l'eau et pas seulement du point de vue de l'écoulement superficiel. Cela revient à prendre en compte non seulement la pluviométrie et son gradient (qui peut être important dans les hauts-bassins), mais également les structures géologiques et les circulations souterraines. Ces dernières peuvent se traduire par des échanges entre bassins contigus susceptibles de modifier de manière sensible leurs régimes respectifs (exemple du haut-bassin de la Seine en Bourgogne).

M. ROUAS. — Pour en revenir au problème des mesures ou des calculs, je pense qu'il faut de toute façon réaliser des mesures mais en connaître la précision.

On a parlé de mesures de débit, de vitesse mais peu des mesures de transports solides en suspension. N'est-ce pas ressenti comme un problème ?

M. BÉDIOT. — Les transports solides ne dépassent pas généralement quelques g/litre mais sur certains bassins expérimentaux, on a atteint des suspensions de 400 gr/litre ce qui change le milieu physique. Si nous n'en avons pas parlé c'est que nous n'avons pas trouvé de spécialiste pour le faire.

M. RANDON. — Dans mon domaine d'action, la région parisienne, le problème qui se pose est la pollution et son origine. C'est au niveau de l'origine des pollutions que peut se faire le travail de mesures que vous avez souhaité et ceci, par une coopération des divers intéressés. Cependant les utilisateurs ne feront que les mesures qui les intéressent et il y a un risque de redondance.

M. BÉDIOT. — Les producteurs d'eau potable ne peuvent intervenir sur ce qui se passe en amont de leur prise d'eau ; ils prennent les eaux comme elles viennent. En revanche, les services de police des eaux et de surveillance de la pollution ont mission d'aller voir ce qui se passe au niveau des rejets. Leur rôle est donc de connaître l'origine des pollutions.

M. MEUNIER. — Sur les Bassins Versants Expérimentaux de Draix, les écoulements sont parfois fortement chargés puisque nous avons eu, après décantation dans une plage de dépôts, des prélèvements chargés à 400 g/litre. Si cela pose des problèmes de fonctionnement des appareils de mesures, cela en pose aussi pour l'interprétation des mesures : les mesures de pression par exemple ne donnent la hauteur d'eau que par l'intermédiaire de la densité du mélange. Nous aimerions beaucoup discuter avec ceux qui ont ou qui ont eu les mêmes problèmes.

M. DUBAND. — Je voudrais faire deux remarques :

Le premier problème concerne l'information spatiale. L'utilisation des réseaux dépend du pas de temps des études : certains réseaux sont appropriés aux pas de temps annuels ou mensuels mais ne le sont pas à des pas de temps plus petits, jusqu'à la minute.

D'autre part, il est souvent préférable de veiller à la bonne gestion d'un réseau, même plus restreint, que de rechercher une solution dans l'agrandissement de ce réseau. Combien y-a-t-il de stations hydrométriques en France jaugées au-delà de la crue décennale ?

Il faut également prendre en compte le problème financier ; il ne s'agit pas seulement de mettre en place des capteurs, il faut également valider les données obtenues.

M. BÉDIOT. — Le redéploiement d'un réseau n'implique pas obligatoirement une extension. Rationaliser un réseau c'est l'améliorer. Ce que je critique, c'est la méthode d'analyse qui partant de critères financiers revient à réduire les réseaux à partir de ces critères. L'analyse de redéploiement d'un réseau doit être menée objectivement, ce qui cependant ne veut pas dire qu'on ne prend pas en compte les contraintes financières.

M. CHINCHOLLE. — Ma question concerne les eaux chargées. Est-il intéressant de connaître l'aspect érosif des transports soli-

des ? Il existe un appareil qui mesure en temps réel la vitesse d'érosion sur une surface solide.

M. ROUAS. — Dans le domaine des voies navigables, des ouvrages routiers, les problèmes d'érosion sont très importants. Je pense en particulier à la Loire où des ponts se sont effondrés en raison de l'abaissement du lit de la rivière et de l'érosion.

M. ANDRÉ. — Pour répondre à M. MEUNIER, je dois souligner que nous n'avons pas trouvé en Tunisie de solution satisfaisante pour l'hydrométrie des eaux très chargées (jusqu'à 400 g/litres). En particulier l'utilisation des capteurs de pressions pour la mesure des hauteurs n'a pas donné satisfaction. Le problème des mesures en période de crues dans la même région (Medjerdah en Tunisie) est encore plus grave. Le lit des cours d'eau est très instable et les sections mesurées très variables même au cours de la crue ce qui fait qu'il est presque impossible de mesurer les débits avec précision.

M. MEUNIER. — Nous sommes dans une situation moins favorable que M. ANDRÉ et nous n'avons pas autant de problèmes. Nous avons en effet utilisé des canaux auto-jaugeurs bétonnés; mais nous avons des flux non-newtoniens. La mesure des écoulements visqueux de ce type pose des problèmes d'hydraulique. Un certain nombre de chercheurs français s'occupant de fluides visqueux le font surtout dans un but industriel; il serait très utile pour nous qu'ils se penchent aussi sur le cas des écoulements naturels, notamment dans le contexte des torrents de montagne.

M. RENARD. — Je voudrais apporter un complément d'information. Dans l'exposé qui va suivre sur la limnimétrie, sont présentés des systèmes de mesure qui ne font pas appel à des relations pression-hauteur dépendant du fluide. En particulier les mesures par ultra-sons. Il est vrai qu'il y a d'autres difficultés concernant le milieu traversé par l'onde de réflexion (température, densité...).

Le Président. — Je dirai quelques mots en revenant à des questions posées au début. D'abord, il a été dit que la rationali-

sation se heurtait à des problèmes financiers. Il y a des gestionnaires à la fois de fonds publics et de fonds privés, différentes collectivités qui ont besoin qu'existent des réseaux de mesures répondant à leurs objectifs mais qui sont enserrés dans un système financier qui en limite souvent la précision et l'étendue, et les spécialistes qui ont à gérer de tels réseaux, à les mettre en place, à les concevoir, à les faire fonctionner sont toujours insatisfaits par les moyens financiers mis à leur disposition.

Pour citer un des points que M. BÉDIOT a évoqués, il s'agit de la rénovation du système de mesure de la qualité des eaux : nous avons fait un effort de rationalisation avec la réflexion de M. BALLAND, au Ministère de l'Environnement; nous avons essayé de mettre noir sur blanc tous les critères de rationalisation : importance et concentration des pollutions, étendue des bassins versants, longueurs des cours d'eau. Nous nous sommes aperçus qu'on se heurtait à une inertie considérable non seulement des financiers, mais aussi de ceux qui bénéficiaient du financement des réseaux, qui s'opposent à la rationalisation sous prétexte qu'elle modifie considérablement les conditions actuelles de gestion.

Il va falloir s'arrêter à un compromis entre la rationalisation et le poids du passé; c'est toujours un point très important dans les conceptions de réseaux.

En ce qui concerne les aspects institutionnels, nous ne pourrions jamais faire ce que nous voulons; nous avons un passé, là aussi, et il faut tenir compte de ce qui existe.

La tendance actuelle est cependant d'aboutir à une certaine unité dans le cadre des bassins hydrographiques. Nous avons la chance qu'aient été instituées, en 1964, les Agences de bassins. Sans vouloir leur donner un véritable pouvoir, dans ce domaine, elles auront néanmoins, pour les années à venir, le rôle de coordonner l'ensemble des réseaux existants et de gérer la banque de données. Elles pourront ainsi au plan technique rationaliser les réseaux dans l'intérêt des gestionnaires, ainsi que des usagers au sens large qui sont de véritables consommateurs de données en matière d'eau.